

PATENT  
2611-0192P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: SHIMOMURA, Kenkichi et al. Conf.:  
Appl. No.: NEW Group:  
Filed: July 1, 2003 Examiner:  
For: OPTICAL TRANSMITTER

L E T T E R

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

July 1, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

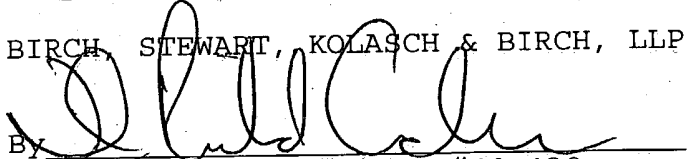
<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2002-298727	October 11, 2002

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By   
D. Richard Anderson, #40,439

DRA/sll  
2611-0192P

P.O. Box 747  
Falls Church, VA 22040-0747  
(703) 205-8000

Attachment(s)

(Rev. 04/29/03)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

SHIMOMURA Kenkichi  
et al  
July 1, 2003  
BSLB, LLP  
(103) 205 8000  
2611-0192P  
1 of 1

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年10月11日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-298727

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-298727 ]

出 願 人

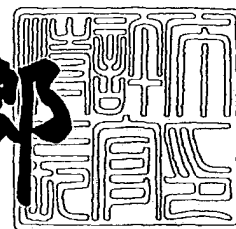
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2003年 2月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3010874

【書類名】 特許願

【整理番号】 542871JP01

【提出日】 平成14年10月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04B 10/04

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

【氏名】 下村 健吉

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

【氏名】 杉原 隆嗣

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

【氏名】 水落 隆司

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100102439

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮田 金雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100092462

【弁理士】

【氏名又は名称】 高瀬 彌平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011394

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光送信器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源信号を搬送波キャリア抑圧パルス変調処理して C S - R Z 信号を生成する搬送波キャリア抑圧パルス変調手段と、

前記 C S - R Z 信号に基づいてデータ信号を位相変調処理し位相変調信号に変換する位相変調手段と、

前記位相変調信号に含まれる冗長な周波数成分を抑圧する光フィルタ手段と、から構成される光変調処理部を備えたことを特徴とする光送信器。

【請求項 2】 データ信号を位相変調処理し位相変調信号に変換する位相変調手段と、

前記位相変調信号を搬送波キャリア抑圧パルス変調処理し位相変調済み C S - R Z 信号に変換する搬送波キャリア抑圧パルス変調手段と、

前記位相変調済み C S - R Z 信号に含まれる冗長な周波数成分を抑圧する光フィルタ手段と、から構成される光変調処理部を備えたことを特徴とする光送信器。

【請求項 3】 搬送波キャリア抑圧パルス変調手段は、データ信号の信号周波数に従って決定される所定周波数のクロック信号に基づいて搬送波キャリア抑圧パルス変調処理し、光周波数スペクトルのピークが前記信号周波数だけ離れて生じる C S - R Z 信号を生成し、

光フィルタ手段は、前記信号周波数に従って決定される所定周波数帯域外の周波数成分を抑圧する構成とされたことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の光送信器。

【請求項 4】 複数のデータ信号をそれぞれ変調処理し光出力信号を生成する複数の光変調処理部と、

複数の光出力信号を波長多重化処理する光合波手段とを備えたことを特徴とする、請求項 1 ないし 3 の何れかに記載の光送信器。

【請求項 5】 光変調処理部は、データ信号を差動符号化処理する差動符号化手段を更に備える構成とされたことを特徴とする、請求項 1 ないし 4 の何れか

に記載の光送信器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、光通信システムに用いる光送信器に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の光通信システムでは、装置構成が最も単純な強度変調 (On-Off Keying、以下「OOK」と呼ぶ) を適用するのが一般的であり、1波長当たりの伝送速度を増加させるとともに波長多重数を増大させることにより伝送容量の増大させた。その結果、近年では商用システムにおいて、1波長当たりの伝送速度は10Gbit/秒まで高速化され、波長多重数は数十波に達している。

【0003】

ここで、通常のOOKでは隣接する波長光信号相互間で生じるスペクトルオーバーラップを回避するために波長間隔をビットレートの2.5倍程度以上にする必要があった。そのため、波長間隔と信号周波数比で定義される周波数利用効率は0.4が限度となる。

従って、1波長当たりの伝送速度の増加や波長多重数の増大といった従来の手法では伝送容量の増大には限界があり、伝送路及び光増幅器の帯域を飛躍的に拡大させない限り、伝送容量を一層増大させることは困難である。

【0004】

これを解決する手段として、光伝送路で用いられる光増幅器の帯域拡大及び周波数利用効率向上に関する検討結果が報告されている。特に周波数利用効率の向上は、既設伝送路でも伝送容量を増加させることが可能であり、コストメリットの観点から重要視されている。

【0005】

図9は、従来の光送信器の構成図である (例えば、非特許文献1参照。)。従来の光送信器では、送信対象である電気NRZ (Not Return-to-Zero) 信号をOOK変調処理することにより得られた複数の光信号を、それぞれ周波数フィルタ

23-a、23-bを用いて片側のサイドバンドを抑圧しVSB (Vestigial Side Band) 化して1光信号当たりの占有帯域を狭窄化した後に、合波器24で波長多重化して出力する。その結果、例えば図10-hで示す通り、42.7 Gbit/秒の光信号を50 GHz間隔で波長多重化しすることで周波数利用効率0.8 bit/秒/Hzを達成している。なお、ここでは誤り訂正用冗長ビットを差し引いた信号周波数(40 Gbit/秒)を信号周波数として周波数利用効率を定義している。

【0006】

【非特許文献1】

"0.8bit/s/Hz of Information Spectral Density by Vestigial Sideband Filtering of 42.66Gb/s NRZ", W.Idler, et al., in proceedings of European Conference on Optical communication 2002, 8.1.5.

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

前記従来の光送信器では、変調方式として、占有帯域幅が比較的狭いNRZ-OOK方式を適用している。従って、超長距離伝送システムで一般的に採用されているRZ (Return-to-Zero) -OOK方式と比較すると信号受信感度が低い、といった課題があった。

【0008】

一方、RZ-OOK方式は信号受信感度が高いといった長所があるが、1光信号当たりの占有帯域幅が広いため、VSB化後の光信号の占有帯域はNRZ-OOK方式の場合と比較すると2倍程度まで拡大してしまう、といった課題があった。

【0009】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、信号受信感度をできるだけ低下させることなく、周波数利用効率を高めることが可能な光送信器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決し目的を達成するために、本発明に係る光送信器は、光源信号を搬送波キャリア抑圧パルス変調処理してCS-RZ信号を生成する搬送波キャリア抑圧パルス変調手段と、前記CS-RZ信号に基づいてデータ信号を位相変調処理し位相変調信号に変換する位相変調手段と、前記位相変調信号に含まれる冗長な周波数成分を抑圧する光フィルタ手段と、から構成される光変調処理部を備える。

## 【0011】

また、次の発明に係る光送信器は、データ信号を位相変調処理して位相変調信号に変換する位相変調手段と、前記位相変調信号を搬送波キャリア抑圧パルス変調処理し位相変調済みCS-RZ信号に変換する搬送波キャリア抑圧パルス変調手段と、前記位相変調済みCS-RZ信号に含まれる冗長な周波数成分を抑圧する光フィルタ手段と、から構成される光変調処理部を備える。

## 【0012】

## 【発明の実施の形態】

## 実施の形態1.

図1は本発明の実施の形態1の光送信器の構成図である。本実施の形態1の光送信器は複数の光変調処理部10を有する。各光変調処理部10においてレーザー光源1から出力された光周波数 $f_c$ の光源信号は、搬送波キャリア抑圧パルス変調処理を行うMach-Zender干渉計型光変調器2（以下「MZI型光変調器」と呼ぶ）に入力され、クロック信号源5から入力されたクロック信号（周波数 $f_b/2$ ）に基づいて、キャリア抑圧型RZ信号（carrier-suppressed RZ、以下では「CS-RZ信号」と呼ぶ）に変換される。

一方、データ信号源6から出力されたデータ信号（信号周波数： $f_b$ ）は、光位相変調器3によって、前記CS-RZ信号に基づき位相変調処理された後、光フィルタ4によって波形生成処理されて光出力信号が生成される。

各光変調処理部10から出力された複数の光出力信号は、光合波器7によって波長多重化処理されて伝送路に出力される。

## 【0013】

上記の通り構成される本実施の形態1の光送信器の動作について説明する。



なお、複数の光変調処理部 1 0 の処理は何れも同一であるため、以下では一つの光変調処理部の動作について説明し、他の光変調処理部の動作の説明を省略する。

## 【 0 0 1 4 】

まずレーザ光源 1 は搬送波周波数  $f_c$  の光源信号を生成する。

## 【 0 0 1 5 】

MZ I 光変調器 2 は、例えばニオブ酸リチウムを材料とし、例えば” 320Gbit/s (8x40Gbit/s) WDM transmission over 367-km zero-dispersion-flattened line with 120-km repeater spacing using carrier-suppressed return-to-zero pulse format” ,Yutaka Miyamaoto ,et al., in postdeadline papers of Optical Amplifiers and Their Applications Topical Meeting, June 11,1999に開示された方法と同様の方法により、搬送波キャリア抑圧パルス変調処理を行う。

## 【 0 0 1 6 】

図 2 は、MZ I 光変調器 2 による搬送波キャリア抑圧パルス変調処理の説明図である。MZ I 光変調器 2 は図 2 - イに示すような変調特性を有し、クロック信号の印加電圧に応じた強度で光信号を出力する。

## 【 0 0 1 7 】

クロック信号源 5 は、図 2 - ロに示すように、前記変調特性の消光特性の谷の部分（図 2 - イにおいて印加電圧の極小値）を中心とし、送信対象のデータ信号の信号周波数  $f_b$  の半分の周波数（ $= f_b / 2$ ）のクロック信号を生成して出力する。

## 【 0 0 1 8 】

MZ I 光変調器 2 は、前記クロック信号を印加電圧として前記光源信号  $f_c$  を変調処理する。変調処理後の光出力信号は、位相が 0、 $\pi$ 、0、 $\pi$ ・・・と交番して出現する CS-RZ 信号となる。

具体的には、図 2 - ロに示す通りクロック信号（周波数  $f_b / 2$ ）が a～d の印加電圧のピークを有する場合、変調処理後の CS-RZ 信号（図 2 - ハ参照）は、それぞれ対応するピーク a～d が周波数  $f_b$  で出現し、信号位相が a : 0、b :  $\pi$ 、c : 0、d :  $\pi$ ・・・と交番する信号となる。

## 【 0 0 1 9 】

また、前記CS-RZ信号の光周波数スペクトル（図2-ニ参照）は、交番する $0/\pi$ の信号位相の影響によって $f_c - f_b/2$ 及び $f_c + f_b/2$ の二つのキャリア周波数を持つ。ここで、前記光源信号の周波数成分 $f_c$ は、交番する信号位相成分が違いに相殺しあって抑圧される。

## 【 0 0 2 0 】

次に光位相変調器3は、データ信号源6から出力された送信対象のデータ信号（信号周波数： $f_b$ ）を入力し、前記CS-RZ信号を光源信号として光位相変調処理する。その結果、データ信号 $0/1$ は、それぞれ光位相 $0/\pi$ の光変調信号に変換される。

## 【 0 0 2 1 】

図3は、光変調信号の光周波数スペクトルを示した模式図である。前記CS-RZ信号は二つのキャリア周波数成分（ $f_c - f_b/2$ 、 $f_c + f_b/2$ ）を有し、それぞれのキャリア周波数成分が独立して位相変調処理される。従って、光位相変調器3から出力される光変調信号は、図3に示す通り、中心周波数が $f_b$ だけ離れた二つの位相変調波のスペクトルが重ね合わさったものとなる。

## 【 0 0 2 2 】

ここで前記二つの位相変調波のスペクトルは、 $f_c - f_b/2$ より低周波の周波数帯と $f_c + f_b/2$ より高周波の周波数帯とで同一の情報信号成分を含んでいるため、光変調信号は冗長な周波数成分を含むことが明らかである。

## 【 0 0 2 3 】

そこで光フィルタ4は光信号信号から前記冗長な周波数成分を除去する。図4は、波形成形処理後の光変調信号の光周波数スペクトルを示した模式図である。光フィルタ4は前記光変調信号のうち、 $f_c - f_b/2 \sim f_c + f_b/2$ の範囲の周波数成分のみを抽出し、 $f_c - f_b/2$ より低周波の周波数成分と $f_c + f_b/2$ より高周波の周波数成分（図4中網掛で示す）を抑圧して、波形成形処理後の光出力信号を生成する。その結果、光出力信号は周波数帯域幅が $f_b$ に制限される。

## 【 0 0 2 4 】

各光変調処理部 1 0 から出力された複数の光出力信号は、光合波器 7 によって波長多重化処理されて伝送路に出力される。

#### 【 0 0 2 5 】

図 5 - イ は、本実施の形態 1 における波長多重処理化処理された光信号の光周波数スペクトルを示した模式図である。多重化された各光出力信号は周波数帯域幅が  $f_b$  に制限されているため、複数の光出力信号を周波数間隔  $f_b$  で配置した場合でも、光出力信号のスペクトルが重なり合うことがない。従って、当該多重化光信号を受信した光受信器では、各光出力信号を容易に分離することができる。この場合において、当該光送信器の周波数利用効率は、論理的に  $1.0 \text{ bit} / \text{秒} / \text{Hz}$  (信号周波数  $f_b$  / 占有周波数帯域幅  $f_b$ ) まで高めることが可能である。

#### 【 0 0 2 6 】

また図 5 - ロ は、波長多重処理化処理された光信号のアイパターンを例示した模式図である。冗長周波数成分を抑圧したことによりアイパターンの開口は狭まるものの、光受信器で復調処理を行うために十分なアイパターン開口性能を有する。

#### 【 0 0 2 7 】

これに対し、図 6 は各光出力信号の冗長周波数成分を除去せずに波長多重処理を行った場合の光周波数スペクトルを示した模式図である。各光出力信号の周波数帯域幅が  $f_b$  よりも広いため、複数の光出力信号を周波数間隔  $f_b$  で配置した場合には複数の光出力信号のスペクトルで重なり合いが生じ、光受信器で各光出力信号を分離することはできない。

#### 【 0 0 2 8 】

以上の通り、本実施の形態 1 の光送信器によれば、MZ I 型光変調器によって生成された CS - RZ 信号に従いデータ信号を変調処理し、光フィルタで周波数帯域幅を制限して、波長多重化処理するような構成としたことにより、信号受信感度をできるだけ低下させることなく多重化光信号の周波数利用効率を高めることができる。

#### 【 0 0 2 9 】

なお、上記実施の形態 1 では、光位相変調器 3 を用いてデータ信号を位相変調処理したが、このような構成に限定されるものではなく、例えばニオブ酸リチウムを材料とする MZI 型光変調器を適用してデータ信号を位相変調処理するような構成であってもよい。

## 【 0 0 3 0 】

また、光フィルタ 4 として AWG (Arrayed Waveguide Grating) を適用するような構成であってもよい。

## 【 0 0 3 1 】

更に、上記実施の形態 1 では、MZI 型光変調器 2 から出力された CS-RZ 信号を光位相変調器 3 に入力し、データ信号を位相変調処理するような構成としたが、これはこのような構成に限定されるものではなく、レーザ光源からの光源信号に従ってデータ信号を位相変調処理した後に、MZI 型光変調器によって搬送波キャリア抑圧パルス変調処理して、光フィルタで波形生成処理するような構成であってもよい。

## 【 0 0 3 2 】

実施の形態 2.

前記実施の形態 1 において光位相変調器 3 は、データ信号を CS-RZ 信号に従って位相変調処理したが、本実施の形態 2 では、光送信器にデータ信号を差動符号化する差動符号化部を備え、光位相変調器 3 は差動符号化済みのデータ信号を CS-RZ 信号に従って位相変調処理する。

なお本実施の形態 2 は、前記実施の形態 1 とはデータ信号を差動符号化する点のみが異なるものであるため、以下では光送信器の差動符号化処理及び光受信器の復調処理について説明し、その他の同一の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

## 【 0 0 3 3 】

本実施の形態 2 の光送信器の動作について構成図 7 に従って説明する。

各光変調処理部 10 において、データ信号源 6 から出力されたデータ信号は、差動符号化部 11 によって差動符号化処理される。差動符号化処理後のデータ信号は光位相変調器 3 に入力され、別途生成された CS-RZ 信号に従って位相変

調処理される。光変調信号は、光フィルタによって冗長な周波数成分が抑圧された後、光合波器7によって波長多重化処理されて伝送路に送信される。

#### 【0034】

一方、本実施の形態2の光受信器は、例えば、「PLCプラットフォームを用いたビット同期強度変調DPSSK-DD伝送システム用光受信モジュール」（山田 他、電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会予稿集、C-3-111、P237、2000年）に開示された構成を有し、前記光送信器から受信した光信号を遅延検波処理する。

#### 【0035】

図8は本実施の形態8の光通信システムの光受信器の構成図である。図8において、光干渉計13は光受信信号12と1ビット時間遅延信号との干渉信号を生成し、差動光／電気変換器14は前記干渉信号を電気信号である復調信号15に変換する。

#### 【0036】

本実施の形態2の光受信器の動作について構成図8に従って説明する。

光干渉計13は光受信信号12を二つのアームに分配し、一方のアームに該光受信信号12の1ビット時間分の遅延を付加する。例えば、光受信信号12の信号周波数が10Gbit/秒である場合には、100p秒（ $=1/10\text{Gbit}$ ）の遅延を付加して出力する。

また他方のアームには遅延は付加されず、光受信信号12の分配成分が直接出力される。

#### 【0037】

光干渉計13は、前記二つのアームからそれぞれ出力された光受信信号12の分配成分を合波して光干渉させる。その結果、両分配成分の位相が同相（ $0-0$ 、 $\pi-\pi$ ）である場合には図8のポートAから復調パルスが出力され、両分配成分の位相が逆相（ $0-\pi$ 、 $\pi-0$ ）である場合にはポートBから復調パルスが出力される。

#### 【0038】

差動光／電気変換器14は、前記ポートA及びポートBから出力された復調パル

スを光ダイオードでそれぞれ電気信号に変換し、両電気信号の差分を算出して復調信号として出力する。

【0039】

以上の通り、本実施の形態2の光通信システムによれば、前記実施の形態1と同様に、多重化光信号の周波数利用効率を高めることができる。さらに、光送信器において送信データを差動符号化処理し、光受信器において光受信信号を遅延検波処理することにより、光受信機の構成が簡易化することができる。

【0040】

【発明の効果】

以上のように、本発明に係る光送信器によれば、搬送波キャリア抑圧パルス変調処理によって生成されたCS-RZ信号に従いデータ信号を変調処理した後に、光フィルタで周波数帯域幅を制限する構成としたことにより、信号受信感度をできるだけ低下させずに多重化光信号の周波数利用効率を高めることができる、といった効果を奏する。

【0041】

また、データ信号を位相変調処理し、更に搬送波キャリア抑圧パルス変調処理した後に、光フィルタで周波数帯域幅を制限する構成としたことにより、信号受信感度をできるだけ低下させずに多重化光信号の周波数利用効率を高めることができる、といった効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1の光送信器の構成図である。

【図2】 本発明の実施の形態1の搬送波キャリア抑圧パルス変調処理の説明図である。

【図3】 本発明の実施の形態1の光変調信号の光周波数スペクトルを示した模式図である。

【図4】 本発明の実施の形態1の波形成形処理後の光変調信号の光周波数スペクトルを示した模式図である。

【図5】 本発明の実施の形態1の波長多重処理化処理された光信号を示した模式図である。

【図 6】 従来の波長多重処理化処理された光信号を示した模式図である。

【図 7】 本発明の実施の形態 2 の光送信器の構成図である。

【図 8】 本発明の実施の形態 2 の光受信器の構成図である。

【図 9】 従来の光送信器の構成図である。

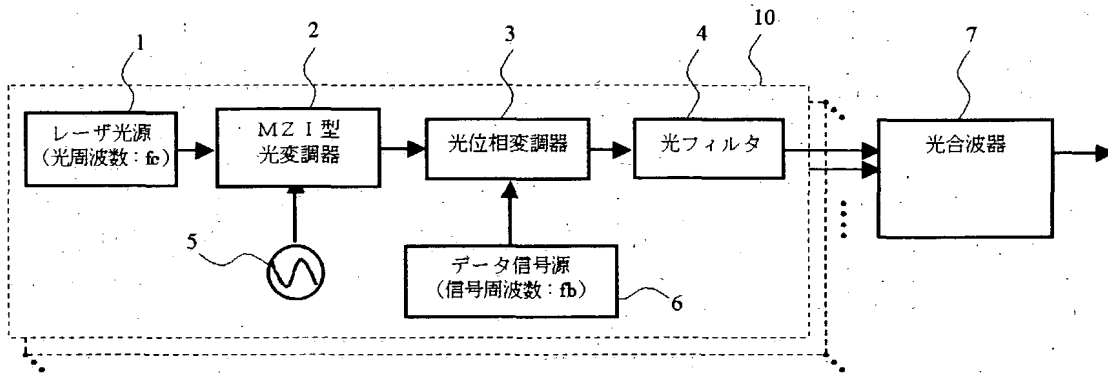
【図 1 0】 従来の波長多重処理化処理を示した模式図である。

【符号の説明】

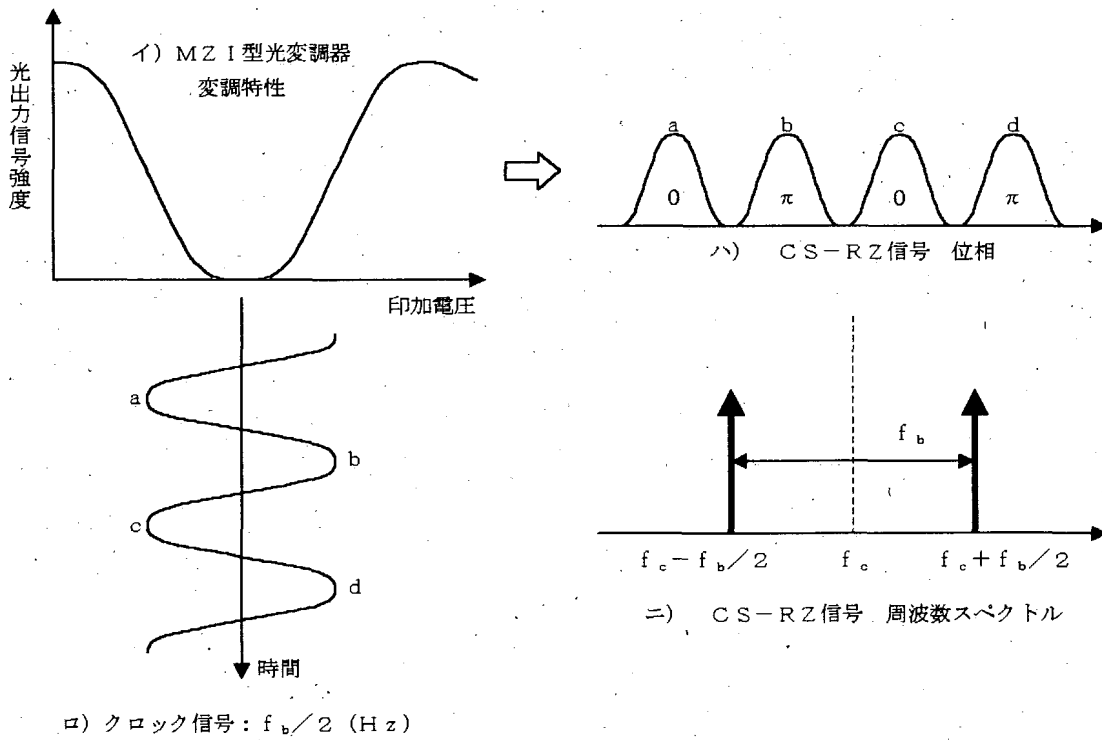
- 1 レーザ光源
- 2 MZ I 型光変調器
- 3 光位相変調器
- 4 光フィルタ
- 5 クロック信号源
- 6 データ信号源
- 7、2 4 光合波器
- 1 0 光変調処理部
- 1 1 差動符号化部
- 1 2 光受信信号
- 1 3 光干渉計
- 1 4 差動光／電気変換器
- 1 5 復調信号
- 2 1 - a、2 1 - b 波長多重光源
- 2 2 - a、2 2 - b マッハツェンダ光変調器
- 2 3 - a、2 3 - b 周期フィルタ

【書類名】 図面

【図1】

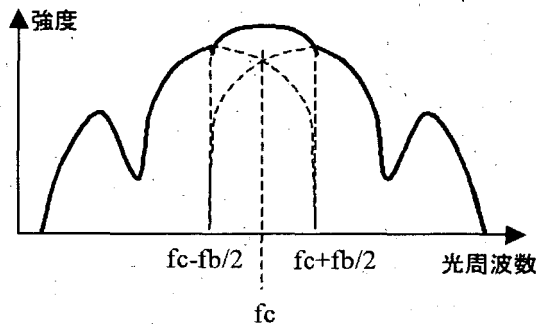


【図2】

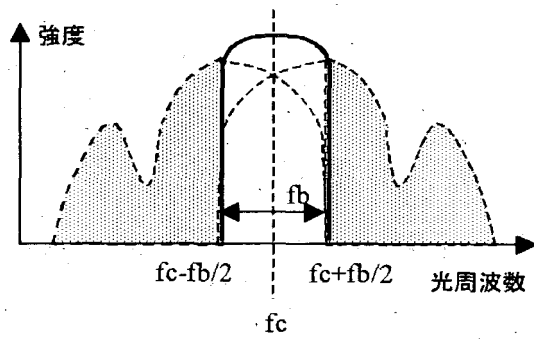




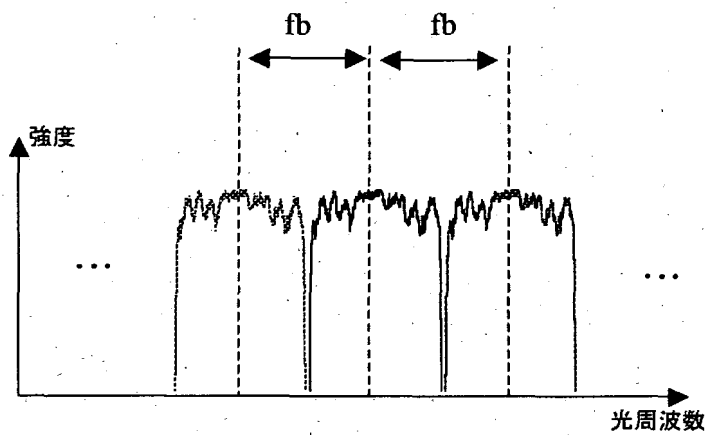
【図3】



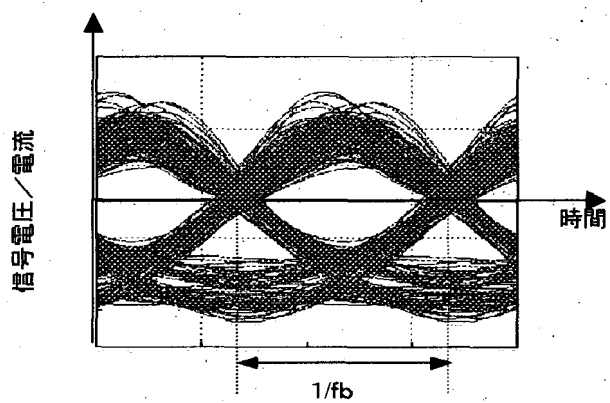
【図4】



【図 5】

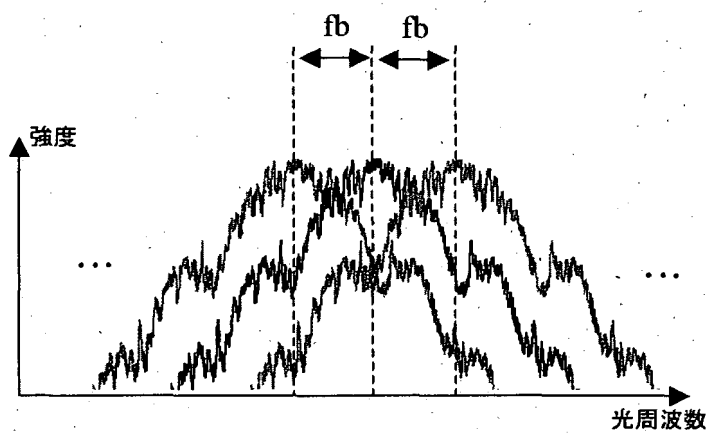


イ) 波長多重スペクトル  
(冗長な周波数成分を抑圧した場合)



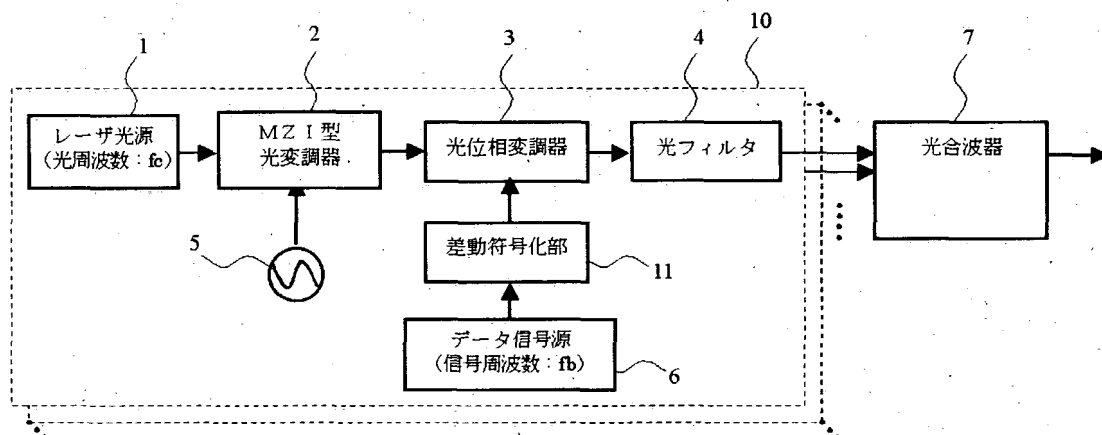
ロ) 信号アイパターン  
(冗長な周波数成分を抑圧した場合)

【図 6】

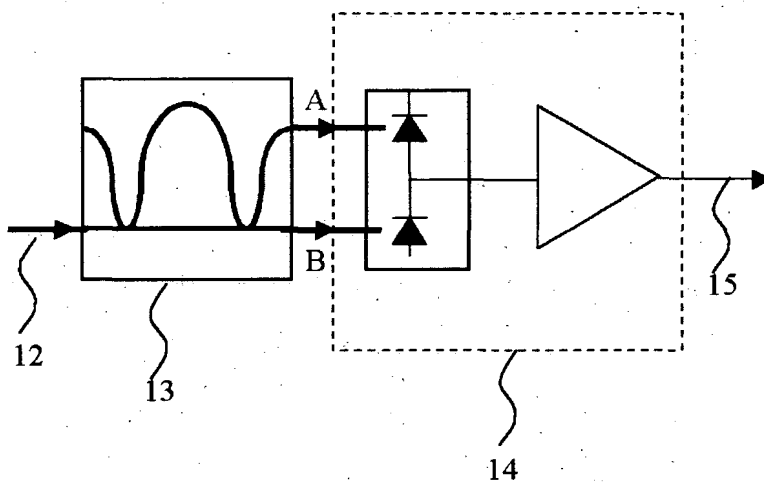


波長多重スペクトル  
(冗長な周波数成分を抑圧しない場合)

【図 7】

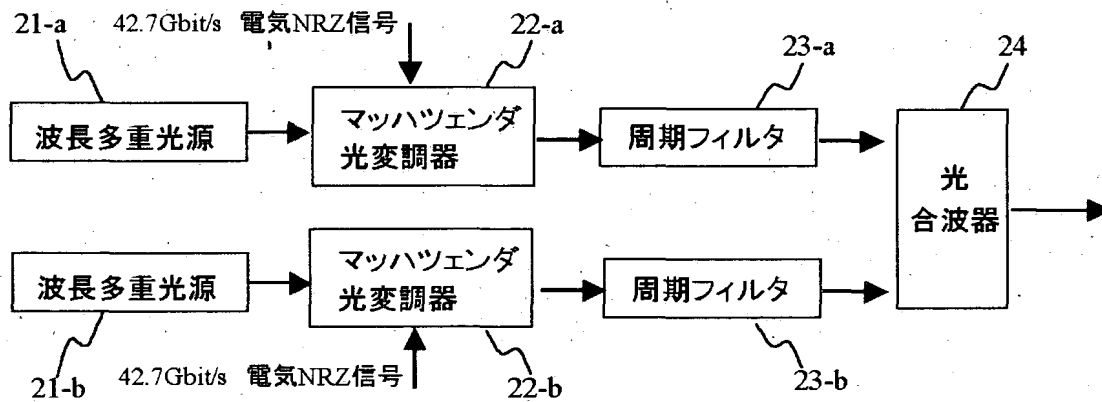


【図 8】

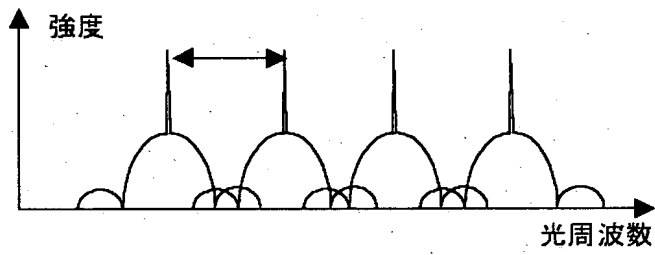


- 12 : 光受信信号      13 : 光干渉計  
 14 : 差動光/電気変換器  
 15 : 復調信号

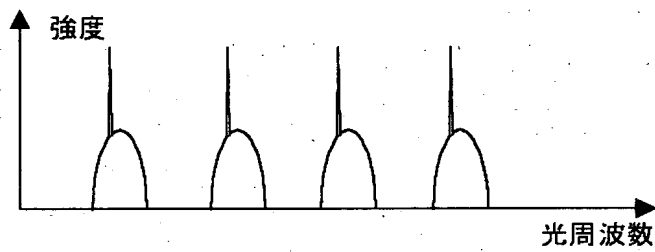
【図 9】



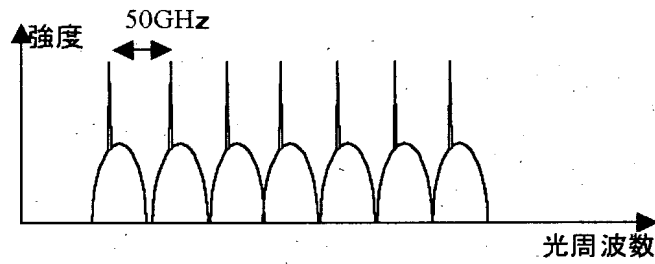
【図10】



イ) マッハツェンダ光変調器の出力信号



ロ) 周期フィルタの出力信号



ハ) 光合波器の出力信号

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号受信感度をできるだけ低下させることなく、周波数利用効率を高めることが可能な光送信器を提供する。

【解決手段】 光源信号を搬送波キャリア抑圧パルス変調処理してCS-RZ信号を生成する搬送波キャリア抑圧パルス変調手段と、前記CS-RZ信号に基づいてデータ信号を位相変調処理し位相変調信号に変換する位相変調手段と、前記位相変調信号に含まれる冗長な周波数成分を抑圧する光フィルタ手段と、から構成される光変調処理部を備える。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

氏 名 三菱電機株式会社